Aula 11 – Força de Atrito

Atrito

É a propriedade de superfícies em contato interagirem com forças tangentes às superfícies quando há movimento relativo (atrito dinâmico) ou tendência de movimento (atrito estático).

Forças de atrito

Força de atrito dinâmico

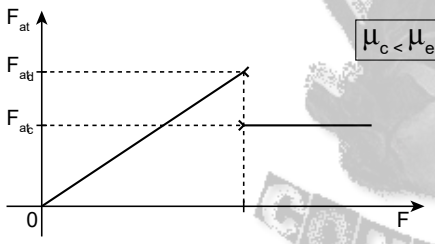
É contrária ao movimento relativo das superfícies em contato. Sua intensidade é proporcional à intensidade da força normal:

$$f_{at.} = \mu_d \cdot F_N$$

em que μ_d é o coeficiente de atrito dinâmico.

Força de atrito estático

É contrária à tendência de movimento das superfícies em contato. Sua intensidade varia de $f_{at} = 0$ até $f_{at.(máx.)} = \mu_e \cdot F_N$ (iminência de escorregamento), em que μ_e é o coeficiente de atrito estático. Verifica-se, experimentalmente, que μ_d μ_e.



$$\mu_c < \mu_e$$

Força de resistência do ar

Tem intensidade proporcional ao quadrado da velocidade para um corpo em queda no ar.

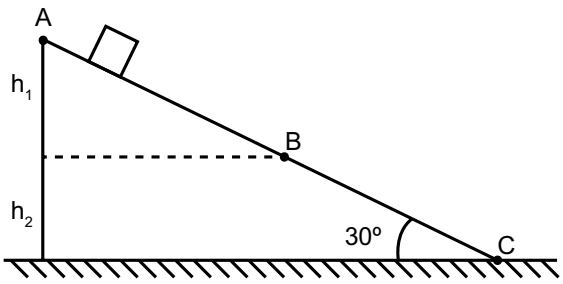
$$R = kv^2$$

O coeficiente K depende da forma do corpo e da maior área da seção transversal do corpo perpendicular à direção da velocidade.

Disponível em: http://folhamilitaronline.com.br.

Exercícios

01. (AFA) Um bloco escorrega, livre de resistência do ar, sobre um plano inclinado de 30º, conforme a figura (sem escala) a seguir.



No trecho AB não existe atrito e no trecho BC o coeficiente vale $\mu = \frac{\sqrt{3}}{2}$.

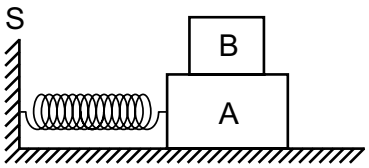
O bloco é abandonado, do repouso em relação ao plano inclinado, no ponto A e chega ao ponto C com velocidade nula. A altura do ponto A, em relação ao ponto B, é h_1, e a altura do ponto B, em relação ao ponto C, é h_2.

A razão $\frac{h_1}{h_2}$ vale:

A) $\frac{1}{2}$ C) $\sqrt{3}$

B) $\frac{\sqrt{3}}{2}$ D) 2

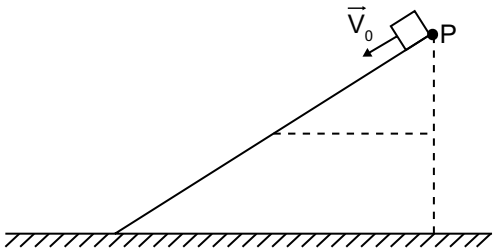
02. (AFA) Na situação da figura a seguir, os blocos A e B têm massas $m_A = 3{,}0$ kg e $m_B = 1{,}0$ kg. O atrito entre o bloco A e o plano horizontal de apoio é desprezível, e o coeficiente de atrito estático entre B e A vale $\mu_e = 0{,}4$. O bloco A está preso em uma mola ideal, inicialmente não deformada, de constante elástica K = 160 N/m que, por sua vez, está presa ao suporte S.



O conjunto formado pelos dois blocos pode ser movimentado produzindo uma deformação na mola e, quando solto, a mola produzirá uma certa aceleração nesse conjunto. Desconsiderando a resistência do ar, para que B Não escorregue sobre A, a deformação máxima que a mola pode experimentar, em cm, vale:

A) 3,0.
B) 4,0.
C) 10.
D) 16.

03. (AFA) Um bloco é lançado com velocidade v_0 no ponto P paralelamente a uma rampa, conforme a figura. Ao escorregar sobre a rampa, esse bloco para na metade dela, devido à ação do atrito.



Tratando o bloco como partícula e considerando o coeficiente de atrito entre a superfície do bloco e da rampa, constante ao longo de toda descida, a velocidade de lançamento para que este bloco que pudesse chegar ao final da rampa deveria ser, no mínimo,

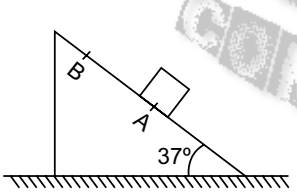
A) $\sqrt{2}v_0$
B) $2v_0$
C) $2\sqrt{2}v_0$
D) $4v_0$

04. (AFA) Uma determinada caixa é transportada em um caminhão que percorre, com velocidade escalar constante, uma estrada plana e horizontal. Em um determinado instante, o caminhão entra em uma curva circular de raio igual a 51,2 m, mantendo a mesma velocidade escalar. Sabendo-se que os coeficientes de atrito cinético e estático entre a caixa e o assoalho horizontal são, respectivamente, 0,4 e 0,5 e considerando que as dimensões do caminhão, em relação ao raio da curva, são desprezíveis e que a caixa esteja apoiada apenas no assoalho da carroceria, pode-se afirmar que a máxima velocidade, em m/s, que o caminhão poderá desenvolver, sem que a caixa escorregue é:

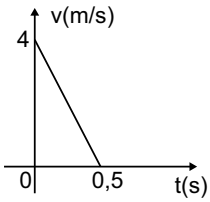
A) 14,3.
B) 16,0.
C) 18,0.
D) 21,5.

05. (AFA) Um bloco, de massa 2 kg, desliza sobre um plano inclinado, conforme a figura seguinte.

Dados: sen 37° = 0,6; cos 37° = 0,8



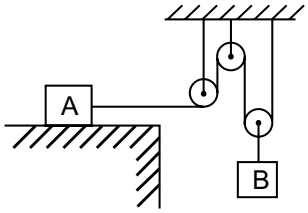
O gráfico v × t a seguir representa a velocidade desse bloco em função do tempo, durante sua subida, desde o ponto A até o ponto B.



Considere a existência de atrito entre o bloco e o plano inclinado e despreze quaisquer outras formas de resistência ao movimento. Sabendo que o bloco retorna ao ponto A, a velocidade com que ele passa por esse ponto, na descida, em m/s, vale

A) 4.
B) $2\sqrt{2}$.
C) 2.
D) $\sqrt{3}$.

06. (AFA) Na situação de equilíbrio a seguir, os fios e as polias são ideais e a aceleração da gravidade é **g**. Considere que μ_e o coeficiente de atrito estático entre o bloco A, de massa m_A, e o plano horizontal em que se apoia.



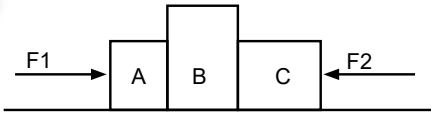
A maior massa que o bloco B pode ter, de modo que o equilíbrio se mantenha é:

A) $\mu_e m_A$
B) $3\mu_e m_A$
C) $2\mu_e m_A$
D) $4\mu_e m_A$

07. Um marinheiro precisa deslocar uma caixa de massa 204,6 kg que está sobre o convés, fazendo-o em linha reta. O coeficiente de atrito estático entre o piso do convés e a caixa vale 0,45. A menor força, em newtons, que o marinheiro terá que fazer para deslocar a caixa é:

A) $1,5 \cdot 10^2$
B) $1,6 \cdot 10^2$
C) $1,2 \cdot 10^3$
D) $1,5 \cdot 10^3$
E) $1,8 \cdot 10^3$

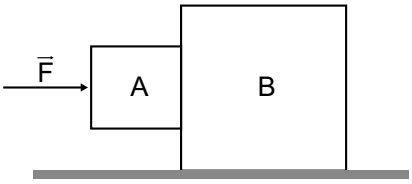
08. (EFOMM) Três blocos A, B e C encontram-se agrupados e sob a ação das forças F1 = 100 N e F2 = 50 N, conforme o desenho a seguir, deslizando em superfície na qual o coeficiente de atrito é μ = 0,1. Sabendo que as massas desses blocos são, respectivamente, 5, 10 e 5 kg, a aceleração do sistema é de **Dado:** g = 10 m/s².



A) zero (não há deslocamento)
B) 1,5 m/s² para a direita.
C) 1,5 m/s² para a esquerda.
D) 3,0 m/s², para a direita.
E) 3,0 m/s², para a esquerda.

09. (EFOMM) Os blocos A e B devem ser movimentados conforme mostrado na figura a seguir, sem que o bloco menor deslize para baixo (os blocos não estão presos um ao outro). Há atrito entre o bloco A, de massa 8,00 kg, e o bloco B, de massa 40,0 kg, sendo o coeficiente de atrito estático 0,200. Não havendo atrito entre o bloco B e o solo, a intensidade mínima da força externa F, em newtons, deve ser igual a:

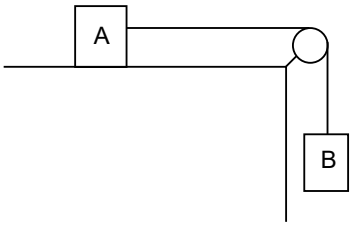
Dado: g = 10,0 m/s².



A) 480.
B) 360.
C) 240.
D) 150.
E) 100.

052.334 - 163664/22

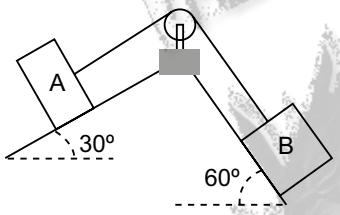
10. (EFOMM)



Na figura dada, a polia e o fio são ideais, e a aceleração da gravidade vale g = 10 m/s². O bloco B possui massa m_B = 20 kg, e o coeficiente de atrito estático entre o bloco A e a superfície de apoio é de μ_e = 0,4. Considerando que o sistema é abandonado em repouso, qual é o menor valor da massa do bloco A que consegue equilibrar o bloco B?

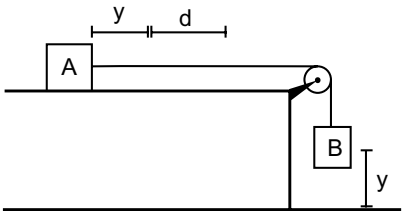
A) 20 kg.
B) 30 kg.
C) 50 kg.
D) 75 kg.
E) 100 kg.

11. (EFOMM) Os blocos A e B da figura pesam 1,00 kN, e estão ligados por um fio ideal que passa por uma polia sem massa e sem atrito. O coeficiente de atrito estático entre os blocos e os planos é 0,60. Os dois blocos estão inicialmente em repouso. Se o bloco B está na iminência de movimento, o valor da força de atrito, em newtons, entre o bloco A e o plano, é:
Dado: cos 30º ≈ 0,87.



A) 60.
B) 70.
C) 80.
D) 85.
E) 90.

12. (EFOMM) Na situação apresentada no esquema a seguir, o bloco B cai a partir do repouso de uma altura **y**, e o bloco A percorre uma distância total de y + d. Considere a polia ideal e que existe atrito entre o corpo A e a superfície de contato. Sendo as massas dos corpos A e B iguais a **m**, determine o coeficiente de atrito cinético μ.



A) $\mu = \frac{y}{(y+2d)}$
B) $\mu = \frac{2d}{(y+2d)}$
C) $\mu = \frac{(2d+y)}{y}$
D) $\mu = \frac{y}{2d}$
E) $\mu = \frac{d}{(2d+y)}$

13. (EsPCEx) Um bloco retangular M de massa 18 kg é puxado com uma força F de 126 N ao longo de um piso segundo uma trajetória retilínea e plana. Sabendo que o bloco se desloca com uma velocidade constante, o valor do coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o piso é:

Dados: Considere a intensidade da aceleração da gravidade igual a 10 m/s² e despreze a resistência do ar.

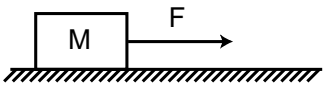


Figura ilustrativa

A) 1,2.
B) 1,1.
C) 0,9.
D) 0,7.
E) 0,4.

14. (EsPCEx) Na figura abaixo, um bloco A de massa 3 kg está ligado a um bloco B de massa 2 kg através de um fio e polia ideais, e a resistência do ar é desprezível. Sabendo que o conjunto encontra-se em equilíbrio estático, podemos afirmar que o módulo da força de atrito entre o bloco A e o plano inclinado, em N, vale:

Dados: Considere a intensidade da aceleração da gravidade igual a 10 m/s², cos 30º = 0,9 e sen 30º = 0,5.

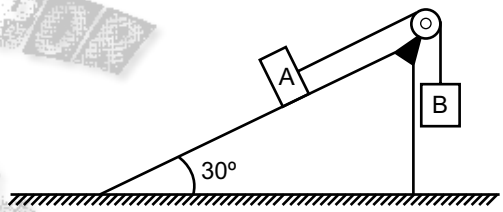


Figura ilustrativa

A) 2.
B) 4.
C) 5.
D) 7.
E) 8.

15. (EsPCEx) Um bloco parte da posição 1 e desloca-se em movimento retilíneo uniformemente variado sobre uma superfície horizontal com atrito até parar na posição 3, conforme a figura a seguir.

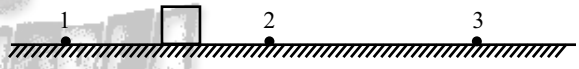
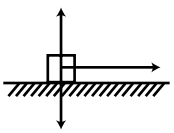
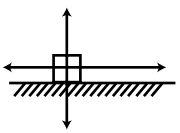
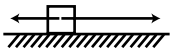


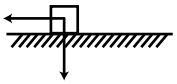
Figura ilustrativa

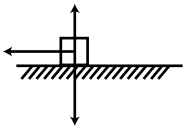
Desprezando a resistência do ar, o diagrama que melhor representa todas as forças que atuam sobre o bloco, quando ele está passando pelo ponto 2, é:

A)


D)


B)


E)


C)


052.334 - 163664/22

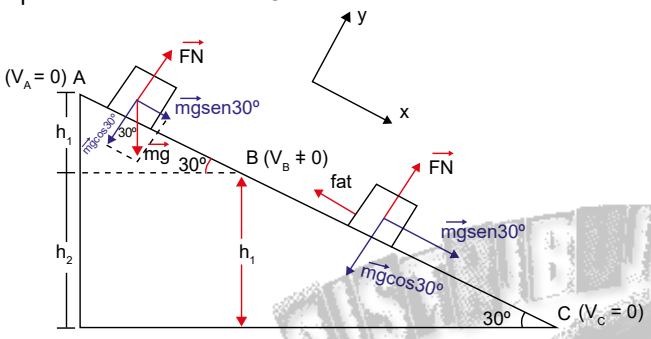
Gabarito

AULA 11							
01	**02**	**03**	**04**	**05**	**06**	**07**	**08**
A	C	A	B	B	C	C	B
09	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	
A	C	B	A	D	C	C	

Resoluções

01.

i) De acordo com o enunciado, temos as seguintes situações para os trechos AB e BC.



Observe que:

$$\begin{cases} \text{sen } 30^\circ = \dfrac{h_1}{AB} \\ \text{sen } 30^\circ = \dfrac{h_2}{BC} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \boxed{h_1 = (AB)\,\text{sen } 30^\circ} \\ \boxed{h_2 = (BC)\,\text{sen } 30^\circ} \end{cases}$$

ii) No trecho AB:

- Aceleração: $mg\,\text{sen}30^\circ = maAB \rightarrow \boxed{aAB = g\,\text{sen}30^\circ}$
- Torricelli: $(VB)^2 = (VA)^2 + 2aAB \cdot (AB) \rightarrow$
  $(VB)^2 = (0)^2 + 2 \cdot g\,\text{sen}\,30^\circ(AB) \rightarrow \boxed{(VB)^2 = 2g\,\text{sen}\,30^\circ(AB)}$

iii) No trecho BC:

- Aceleração: $mg\,\text{sen}30^\circ - fat = maBC \rightarrow$
  $mg\,\text{sen}30^\circ \cdot \mu F_N = maBC \rightarrow F_N = mg\cos 30^\circ \rightarrow$
  $\rightarrow mg\,\text{sen}30^\circ - \mu mg\cos 30^\circ = m\,aBC \rightarrow$
  $\boxed{aBC = g(\text{sen}30^\circ - \mu\cos 30^\circ)}$
- Torricelli: $(VC)^2 = (VB)^2 + 2aBC \cdot (BC) \rightarrow$
  $(0)^2 = (VB)^2 + 2g(\text{sen } 30^\circ - \mu\cos 30^\circ) \cdot (BC) \rightarrow$
  $\boxed{(VB)^2 = 2g(\mu\cos 30^\circ - \text{sen}30^\circ)\cdot(BC)}$

iv) $(VB)^2 = 2g\,\text{sen}30^\circ(AB) = 2g(\mu\cos 30^\circ - \text{sen}30^\circ)(BC) \rightarrow$
$\text{sen } 30^\circ(AB) = \text{sen } 30^\circ (BC) \cdot (\mu\text{cotg } 30^\circ - 1) \rightarrow$
$h_1 = h_2(\mu\text{cotg } 30^\circ - 1) \rightarrow \mu = \dfrac{\sqrt{3}}{2}; \text{cotg } 30^\circ = \sqrt{3} \rightarrow$
$h_1 = h_2\left(\dfrac{\sqrt{3}}{2}\cdot\sqrt{3} - 1\right) \rightarrow h_1 = h_2\left(\dfrac{3}{2} - 1\right) \rightarrow h_1 = h_2 \cdot \left(\dfrac{1}{2}\right) \rightarrow$

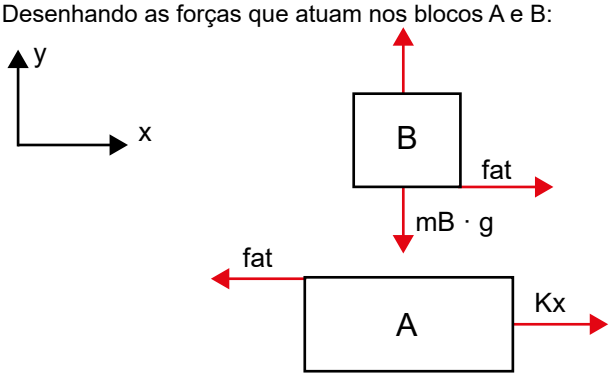
$$\boxed{\frac{h_1}{h_2} = \frac{1}{2}}$$

Resposta: A

02.

i) A intensidade da força de atrito estático varia de 0 até $\mu c \cdot F_N$, ou seja, $0 \leq fat \leq \mu c \cdot F_N$. Observe que, quanto maior for a intensidade da força elástica no bloco A, maior será a intensidade da força de atrito que o bloco B faz no bloco A, na tentativa de se opor ao movimento do bloco B. Baseado nisso, é possível concluir que a deformação máxima da mola ocorre quando $fat = \mu c \cdot F_N$.

ii) Desenhando as forças que atuam nos blocos A e B:



iii) Para que o bloco B não escorregue sobre A, é necessário que eles possuam a mesma aceleração no referencial do solo, pois dessa maneira, eles ficarão parados em relação um ao outro, ou seja, B não irá escorregar sobre A. Baseado nisso, temos:

$$\begin{cases} fat = m_B \cdot a \\ kx - fat = m_A \cdot a \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \mu F_N = m_B \cdot a \rightarrow F_N = m_B \cdot g \rightarrow \\ kx - fat = m_A \cdot a \end{cases}$$

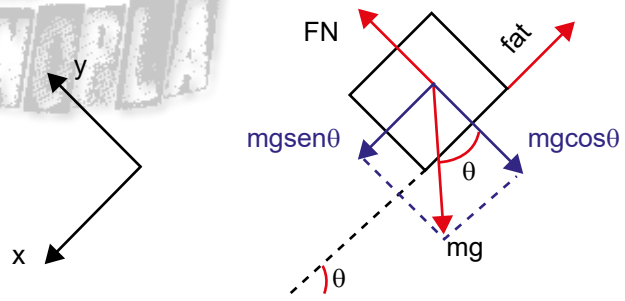
$$\begin{cases} \mu \cancel{m_B} g \cdot \cancel{m_B} \cdot a \rightarrow \boxed{a = \mu g} \\ kx - fat = m_A \cdot a \end{cases}$$

$\rightarrow kx - fat = m_A \cdot a \rightarrow kx - \mu F_N = m_A \cdot a \rightarrow kx - \mu \cdot m_B \cdot g = m_A \cdot \mu g$
$\rightarrow kx = \mu(m_A + m_B)g \rightarrow 160 \cdot x = 0{,}4 \cdot (3 + 1) \cdot 10 \rightarrow 160x =$
$0{,}4 \cdot 4 \cdot 10 \rightarrow x = 0{,}1\text{ m} \rightarrow 1\text{ m} = 100\text{ cm} \rightarrow \boxed{x = 10\text{ cm}}$

Resposta: C

03.

i) Baseado no enunciado da questão, podemos desenhar as seguintes forças no bloco.



ii) Observe que, de acordo com o enunciado, o bloco sofre desaceleração apenas no eixo que foi adotado como **x**. Observe também que mgsenθ e fat são forças de intensidade constante, portanto, a desaceleração que o bloco sente possui valor constante:

iii) Chamando o módulo da desaceleração de **a** e o comprimento da rampa de 2 L, podemos calcular o valor da velocidade mínima para que o bloco chegue ao final por meio da equação de Torricelli.

- Quando o bloco anda até a metade da rampa:
  $(v_f)^2 = (v_0)^2 + 2 \cdot (-a) \cdot L \rightarrow v_f = 0 \rightarrow 0 = v_0^2 - 2aL \rightarrow$
  $\rightarrow \boxed{v_0^2 = 2aL}$

052.334 - 163664/22

- Quando o bloco anda até o final da rampa:
  $(v_f')^2 = (v_0')^2 + 2(-a)(2\,L) \rightarrow v_f' = 0 \rightarrow 0 = (v_0')^2 - 2 \cdot (2a\,L) \rightarrow$
  $(v_0')^2 = 2 \cdot v_0^2 \rightarrow \boxed{v_0' = v_0\sqrt{2}}$

iv) A velocidade mínima é aquela que faz o bloco parar exatamente no final da rampa, portanto ele deve ser lançado com uma velocidade inicial de módulo $v_0\sqrt{2}$.

Resposta: A

04.

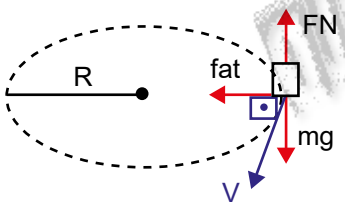
i) Observe que, quando o caminhão entra na curva, por inércia, a caixa deverá ser jogada para fora do caminhão, entretanto, a força de atrito que ocorre entre a caixa e o caminhão, impede que isso ocorra.

ii) Observe também que, em relação ao caminhão, a caixa está parada, pois eles realizam a curva juntos. Portanto, o atrito que ocorre entre a caixa e o caminhão é de natureza estática.

iii) Para que a caixa realize a curva junto com o caminhão, a força de atrito que ela sente irá atuar como resultante centrípeta.

iv) A força de atrito estático possui intensidade que varia de 0 até $\mu c \cdot F_N$, ou seja, $0 \leq fat \leq \mu c \cdot F_N$. Quanto maior for a velocidade, maior será a resultante centrípeta, portanto, a máxima velocidade ocorre quando $fat = \mu c \cdot F_N$.

v) Baseado nos 4 passos anteriores, temos que:



$$fat = \frac{mv^2}{R} \rightarrow \mu c F_N = mv^2 \rightarrow F_N = mg \rightarrow \mu c \cdot mg = \frac{mv^2}{R}$$

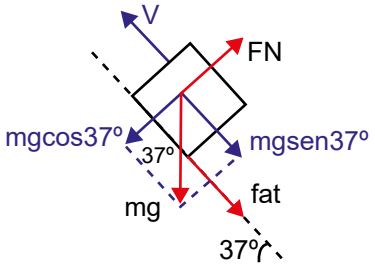
$$\rightarrow 0{,}5 \cdot \cancel{m} \cdot 10 = \frac{\cancel{m} \cdot v^2}{51 \cdot 2} \rightarrow v^2 = 256 \rightarrow \boxed{v = 16\ m/s}$$

Resposta: B

05.

i) De acordo com o gráfico da subida do ponto A até o ponto B, temos que $v_A = 4$ m/s, $v_B = 0$ e $\Delta t = 0{,}5$ s. Portanto, utilizando esses dados e a função horária da velocidade, podemos encontrar o valor de intensidade da aceleração de subida do bloco.
$v = v_0 + a \cdot t \rightarrow v_B = v_A + a \cdot 0{,}5 \rightarrow 0 = 4 + a \cdot 0{,}5 \rightarrow$
$\boxed{a = -8\ m/s^2}$. (Sinal negativo por causa que a aceleração é contra a velocidade.)

ii) Analisando o bloco durante a subida, temos:



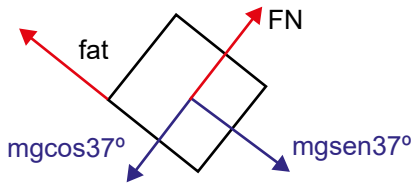
$$mgsen\,37° + fat = ma \rightarrow mgsen\,37° + \mu F_N = ma \rightarrow F_N = mg\cos 37°$$

$$\rightarrow \cancel{m}gsen37° + \mu \cancel{m}g\cos 37° = \cancel{m} \cdot 8$$

$$\rightarrow 10 \cdot 0{,}6 + \mu \cdot 10 \cdot 0{,}8 = 8 \rightarrow \boxed{\mu = 0{,}25}$$

iii) Na hora da subida, por Torricelli, temos:
$v_B^2 = v_A^2 + 2a\Delta S \rightarrow (0)^2 = (4)^2 + 2(-8) \cdot \Delta S \rightarrow 16 \cdot \Delta S = 16$
$\rightarrow \boxed{\Delta S = 1\,m}$

iv) Analisando o bloco durante a descida, temos:



$$mgsen\,37° - fat = m \cdot a' \rightarrow \cancel{m} \cdot 10 \cdot 0{,}6 - \mu \cdot \cancel{m} \cdot 10 \cdot 0{,}8 = \cancel{m}a'$$

$$\rightarrow 10 \cdot 0{,}6 - 0{,}25 \cdot 10 \cdot 0{,}8 = a' \rightarrow \boxed{a' = 4\ m/s^2}$$

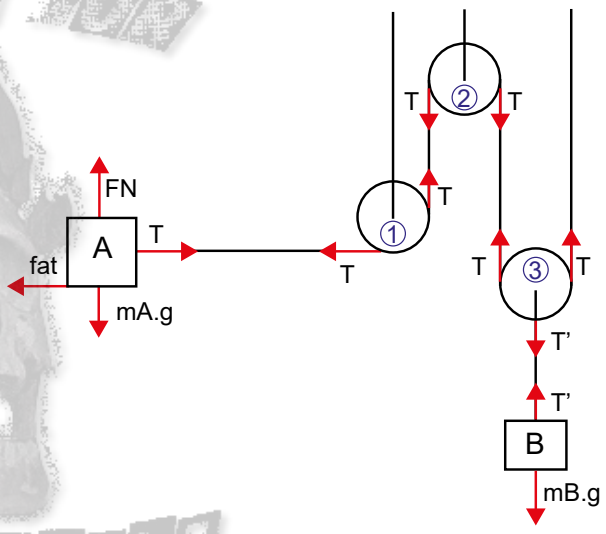
v) Por Torricelli, na hora da descida:

$$(v_A')^2 = (v_B')^2 + 2a'\Delta S \rightarrow (v_A')^2 = (0)^2 + 2 \cdot 4 \cdot 1 \rightarrow \boxed{V_A' = 2\sqrt{2}\ m/s^2}$$

Resposta: B

06.

i) Desenhando as forças que atuam nos blocos:



ii) Observe que o sistema está em equilíbrio, portanto temos que:

$$\begin{cases} fat = T \\ 2T = T' \\ T' = m_B \cdot g \end{cases} \rightarrow \begin{cases} fat = T \\ 2T = m_B \cdot g \end{cases} \Rightarrow \boxed{fat = \frac{m_B \cdot g}{2}}$$

iii) A força de atrito é do tipo estática, portanto sua intensidade varia de 0 até $\mu c \cdot F_N$, aonde $F_N = m_A \cdot g$. Logo, temos que $0 \leq fat \leq \mu c \cdot m_A \cdot g$.

iv) De acordo com os passo ii) e iii):

$$\begin{cases} fat = \dfrac{m_B \cdot g}{2} \\ 0 \leq fat \leq \mu c \cdot m_A \cdot g \end{cases} \Rightarrow \boxed{0 \leq m_B \leq 2\mu c \cdot m_A}$$

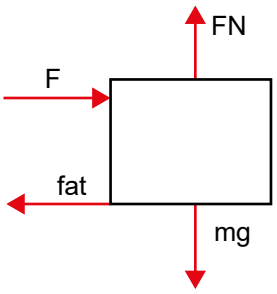
v) Para que o equilíbrio se mantenha, a maior massa possível de B é $2\ \mu c \cdot m_A$.

Resposta: C

052.334 - 163664/22

07.

i) Desenhando as forças que irão atuar na casa:



F é o módulo da força que o marinheiro faz na caixa.

ii) O atrito estático é o tipo de atrito que impede um corpo de se movimentar. Portanto, para o marinheiro deslocar a caixa, é necessário que o módulo da força dele seja igual ou supere o valor máximo que a força de atrito estático consegue alcançar, pois, dessa maneira, a força de atrito estático não conseguiria mais impedir o movimento da caixa.

iii) Baseado nos passos i) e ii), temos:

- $0 \leq fat \leq \mu c \cdot F_N \rightarrow F_N = mg \rightarrow 0 \leq fat \leq \mu c \cdot mg \rightarrow$ $\boxed{fat_{máximo} = \mu c\, mg}$
- $F \geq fat \rightarrow F \geq \mu c\, mg \rightarrow F \geq 0{,}45 \cdot 204{,}6 \cdot 10 \rightarrow$ $\boxed{F \geq 920{,}7\ N}$

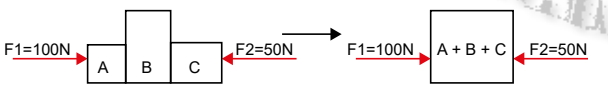
iv) Para a caixa começar a se movimentar, o marinheiro deverá fazer uma força de, pelo menos, 920,7 N para superar o atrito. Observe que, nas alternativas, essa opção não está disponível, logo você deverá selecionar a menor força que esteja dentro do intervalo calculado no passo iii). Portanto, menor força que o marinheiro deverá exercer deve ter um valor de $1{,}2 \cdot 10^3$ N.

Resposta: C

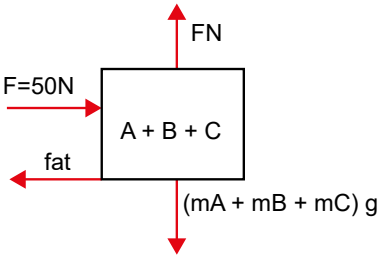
08.

i) Observe que os blocos A, B e C irão, caso haja movimento, andar juntos. Portanto, para evitar contas desnecessárias, podemos substituir esses três blocos por apenas um bloco cuja a massa equivale a soma das massas dos blocos A, B e C.

ii) Baseado no passo i), temos:



iii) Observe que F1 > F2, logo o bloco deverá se movimentar para a direita. Baseado nisso, concluímos que irá surgir uma força de atrito que irá se opor ao movimento do bloco. Portanto, temos as seguintes forças atuando no bloco.



iv) Calculando o valor de fat: $fat = \mu \cdot F_N \rightarrow$
$fat = \mu \cdot (M_A + M_B + M_C) \cdot g \rightarrow fat = 0{,}1 \cdot (5 + 10 + 5) \cdot 10 \rightarrow$
$\boxed{fat = 20\ N}$

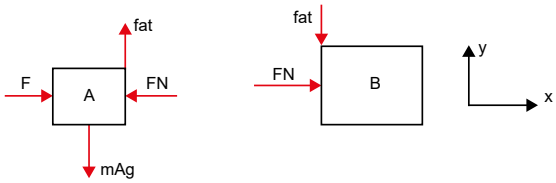
v) Com os valores de F e fat, concluímos que o bloco se movimenta para a direita.

vi) Calculando a aceleração do bloco:
$F - fat = (M_A + M_B + M_C) \cdot a \rightarrow 50\ N - 20\ N = (5 + 10 + 5) \cdot a \rightarrow$
$\boxed{a = 1{,}5\ m/s^2}$

Resposta: B

09.

i) Desenhando as forças que irão atuar nos blocos.



ii) Observe que o bloco A não se movimenta no eixo vertical, apenas no horizontal. Portanto, para que o bloco A fique em equilíbrio no eixo vertical, é necessário que $fat = m_A \cdot g$, ou seja, $\boxed{fat = 80\ N}$

iii) A força de atrito é de natureza estática, logo é válido que $\boxed{fat \leq \mu c \cdot FN}$

iv) Os blocos A e B se movimentam pelo eixo horizontal juntos, portanto eles devem ter a mesma aceleração. Baseado nisso, temos:

$$\begin{cases} F - F_N = m_A \cdot a \\ F_N = m_B \cdot a \end{cases} \rightarrow \begin{cases} F - F_N = 8a \\ F_N = 40a \end{cases} \rightarrow \begin{cases} F - F_N = 8a \\ FN = 5 \cdot 8a \end{cases} \rangle F_N = 5(F - F_N)$$

$$\rightarrow \boxed{F_N = \left(\frac{5}{6}\right)F}$$

v) Baseado nos passos i), ii) e iii):

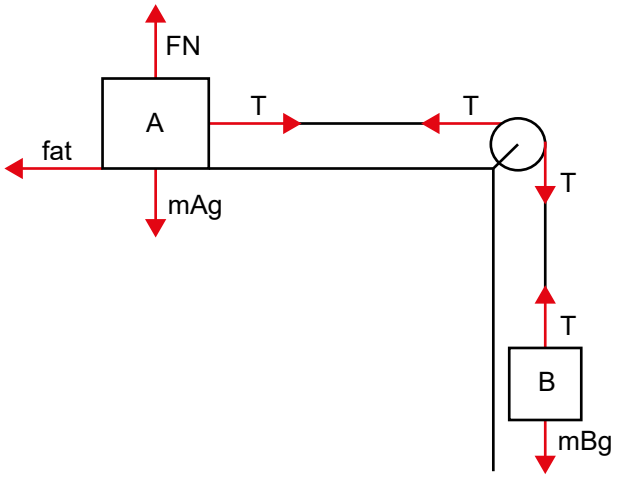
$fat \leq \mu c \cdot F_N \rightarrow fat \leq 0{,}200 \cdot \left(\frac{5}{6}\right)F \rightarrow 80 \leq 0{,}200 \cdot \left(\frac{5}{6}\right)F$
$\rightarrow \boxed{F \geq 480\ N}$

Portanto, concluímos que o calor mínimo da força externa F é 480 N.

Resposta: A

10.

i) Desenhando as forças que atuam nos blocos:



052.334 - 163664/22

ii) Observe que o sistema está em equilíbrio, portanto, temos que: $\begin{cases} fat = T \\ T = m_B \cdot g \end{cases}$, ou seja, $fat = m_B \cdot g$.

iii) A força de atrito é do tipo estática, portanto sua intensidade varia de 0 até $\mu c \cdot F_N$, aonde $F_N = m_A g$. Logo, temos que $0 \le fat \le \mu c \cdot m_A g$.

iv) De acordo com os passos ii) e iii):

$$\begin{cases} fat = M_B \cdot g \\ 0 \le fat \le \mu c \cdot m_A \cdot g \end{cases} \Rightarrow \boxed{0 \le m_B \le \mu c \cdot m_A} \quad (1)$$

v) Substituindo os dados do enunciado em (1), obtemos que:

$0 \le m_B \le \mu c \cdot m_A \rightarrow 0 \le 20 \le 0{,}4 \cdot m_A \rightarrow \boxed{m_A \ge 50 \text{ kg}}$

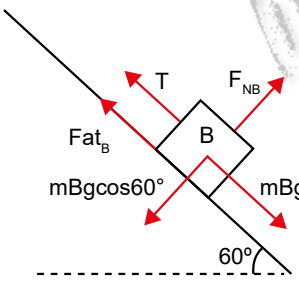
Portanto, concluímos que para manter o equilíbrio, o menor calor da massa m_A é 50 kg.

Resposta: A

11.

i) O bloco B está na iminência de movimento, ou seja, se eu aplicar um pouco mais de força, ele se move. Baseado nisso, é possível concluir que a força de atrito estático que o bloco B sente possui intensidade máxima, ou seja, $fat_B = \mu c \cdot F_{NB}$.

ii) Desenhando as forças que atuam no bloco B, é possível encontrar o valor da tração que atua nos blocos A e B, logo:



$\rightarrow m_B g \operatorname{sen} 60^\circ = T + Fat_B = T + \mu c \cdot F_{NB}$

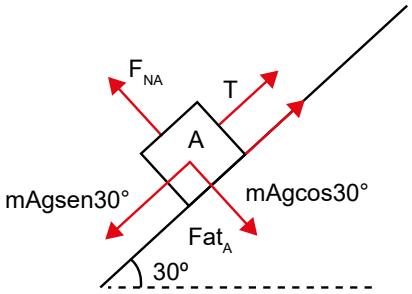
$\rightarrow m_B g = 1{,}00 \text{ kN} \rightarrow 1k = 10^3 \rightarrow m_B g = 1000 \text{ N}$

$\rightarrow \operatorname{sen} 60^\circ = \cos 30^\circ \approx 0{,}87 \rightarrow F_{NB} = m_A g \cos 60^\circ$

$\rightarrow 1000 \cdot 0{,}87 \quad T + 0{,}60 \cdot 1000 \cdot 0{,}5.$

$\rightarrow \boxed{T = 570 \text{ N}}$

iii) Observe que, no bloco A, $T > m_A g \operatorname{sen} 30^\circ$, logo concluímos que o bloco A tende se movimentar para o sentido que o vetor de T aponta. Portanto, baseado nisso e para que o bloco A permaneça em equilíbrio, é necessário que a força de atrito que o bloco A sente aponte na mesma direção que a força $m_A g \operatorname{sen} 30^\circ$. Baseado nisso, temos o seguinte desenho para o bloco A:



$T = m_A g \operatorname{sen} 30^\circ + Fat_A \rightarrow m_A g = 1{,}00 \text{ kN} = 1000 \text{ N}$

$\rightarrow 570 \text{ N} = 1000 \cdot 0{,}5 + Fat_A \rightarrow \boxed{Fat_A = 70 \text{ N}}$

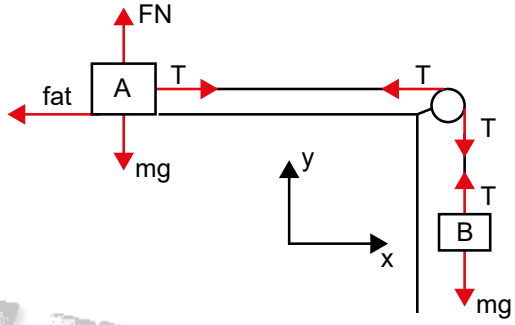
Resposta: B

12.

i) A corda que une os blocos A e B é inextensível, portanto, para que ela mantenha o comprimento dela constante, é necessário que a variação de espaço do bloco A seja igual a variação do espaço do bloco B, assim como a aceleração de ambos.

ii) Observe que o bloco B só pode percorrer apenas uma variação de espaço correspondente a **y**. Portanto teremos duas situações para o sistema, a primeira é quando o bloco B está em movimento e a segunda é quando o bloco B não está mais em movimento.

iii) Quando o bloco B está em movimento:



- $\begin{cases} T - fat = ma \\ mg - T = ma \end{cases} \Rightarrow \boxed{mg - fat = 2ma}$
- $\begin{cases} mg - fat = 2ma \\ fat = \mu mg \end{cases} \Rightarrow \boxed{a = \dfrac{(1-\mu)g}{2}}$
- O bloco A, durante o movimento do bloco B, possui uma variação de espaço equivalente a **y**. Portanto, utilizando a equação de Torricelli:

$(v_1)^2 = (v_0)^2 + 2a\Delta S \rightarrow$

$(v_1)^2 = (0)^2 + \cancel{2} \cdot \dfrac{(1-\mu)g}{\cancel{2}} \cdot y \rightarrow \boxed{(v_1)^2 = (1-\mu)g \cdot y}$

iv) Observe que, quando o bloco B cessar o movimento dele, o bloco A não sentirá mais tração, pois não teremos mais nenhum corpo puxando a corda. Portanto, o bloco A sentirá apenas uma desaceleração causada pelo atrito. Portanto:

- $fat = ma' \rightarrow fat = \mu \cdot F_N \rightarrow \mu \cancel{m} g = \cancel{m} a' \rightarrow \boxed{a' = \mu g}$
- $(v_2)^2 = (v_1)^2 + 2a'\Delta S \rightarrow (0)^2 = (v_1)^2 + 2(-\mu g) \cdot d \rightarrow$

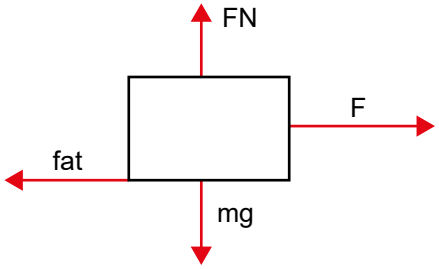
$\boxed{(v_1)^2 = 2\mu gd} \rightarrow 2\mu \cancel{g} d = (1-\mu)\cancel{g} y \rightarrow 2\mu d = y - \mu y \rightarrow$

$\boxed{\mu = \dfrac{y}{y + 2d}}$

Resposta: A

13.

i) De acordo com o enunciado, podemos desenhar as seguintes forças no bloco:



052.334 - 163664/22

ii) De acordo com o enunciado, o bloco se desloca com uma velocidade constante, portanto a aceleração do bloco é nula. Baseado nisso, temos:

- $\begin{cases} F - fat = Ma \rightarrow fat = \mu F_N \\ F_N = Mg \end{cases} \rightarrow$

$$\begin{cases} F - \mu F_N = Ma \rightarrow F - \mu Mg = Ma \rightarrow a = 0 \rightarrow \boxed{F = \mu mg} \ (1) \\ F_N = Mg \end{cases}$$

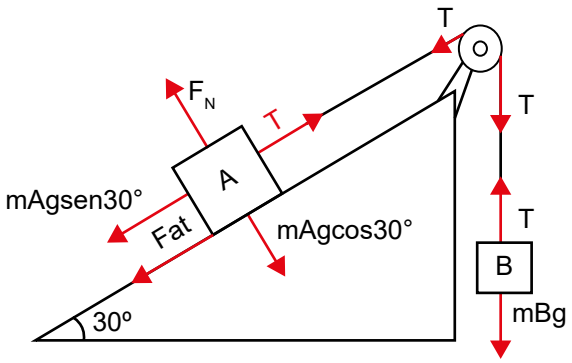
iii) Substituindo os dados fornecidos pelo enunciado na expressão (1).

$F = \mu mg \rightarrow 126 = \mu \cdot 18 \cdot 10 \rightarrow \boxed{\mu = 0,7}$

Resposta: D

14.

i) Desenhando as forças que atuam nos blocos:



ii) Para o bloco B, temos: $T = m_B g \rightarrow T = 2 \cdot 10 \rightarrow \boxed{T = 20\ N}$

iii) Para o bloco A, temos:

$$\begin{cases} m_A g \operatorname{sen} 30^\circ \\ T = 20\ N \end{cases} \rightarrow \begin{cases} m_A g \operatorname{sen} 30^\circ = 2 \cdot 10 \cdot 0,5 \\ T = 20\ N \end{cases} \rightarrow \begin{cases} m_A g \operatorname{sen} 30^\circ = 15\ N \\ T = 20\ N \end{cases}$$

Observe que $T > m_A g \operatorname{sen} 30^\circ$, portanto, para o bloco A está em equilíbrio, é necessário que a força do atrito que o bloco A sente esteja no mesmo sentido de $m_A g \operatorname{sen} 30^\circ$, logo, temos que:

$m_A g \operatorname{sen} 30^\circ + fat = T \rightarrow 15\ N + fat = 20\ N \rightarrow \boxed{fat = 5\ N}$

Resposta: C

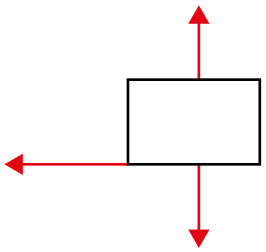
15.

i) De acordo com o enunciado, o bloco desloca-se em movimento retilíneo uniformemente variado sobre uma superfície horizontal, portanto, concluímos que, no eixo horizontal, existe uma força atuando no bloco produzindo aceleração.

ii) De acordo com o enunciado, o bloco sai do ponto 1 e para no ponto 3, portanto, é possível concluir que a força é contrária ao movimento do bloco.

iii) O bloco não se movimenta no eixo **y**, portanto, é possível concluir que nesse eixo existe duas forças que se anulam, sendo uma a força peso que aponta para baixo e a força normal entre o bloco e o solo que aponta para cima.

iv) Baseado nos passos i), ii) e iii), temos:



Resposta: C

DIG.: CLAUDIA – REV.: KELLY MOURA

052.334 - 163664/22